

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschifffahrt
4. Frage

Bauart der äusseren Molen der Häfen

MIT

Rücksicht auf die Gewalt der Wellen,

DENEN SIE WIDERSTEHEN MÜSSEN.

SCHÄTZUNG DIESER KRAFT

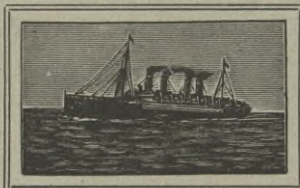
BERICHT

VON

G. de JOLY

Ingénieur des Ponts et Chaussées zu Paris

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



II - 354264

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316872

BOK-B-15/2017

Konstruktion der äusseren Hafemolen mit Rücksicht auf die Stosskraft der Wellen, denen sie widerstehen müssen. Berechnung dieser Stosskraft.

BERICHT

VON

M. G. DE JOLY

Ingénieur des Ponts et Chaussées zu Paris

I. Berechnung der Wellenstosskraft.

In dem theoretischen Studium der Dünung und der durch den Wind auf der Oberfläche des Meeres gebildeten Wellen ist man sehr weit vorwärts geschritten; aber die Beobachtungen, welche eine Prüfung über die Genauigkeit der erhaltenen Resultate zulassen, sind nicht zahlreich, und die Erfahrung ist sehr hinter dem Fortschritt der Untersuchung zurückgeblieben. Die Kraft der Wellen auf hoher See ist niemals direkt gemessen worden und die Berechnungen, über die soeben am Ufer gebrochenen Wellen, sind unzuverlässig und gehen oft auseinander.

Dass die Stösse bis zu 30000 kg/qm getroffener Oberfläche betragen — ein Resultat der vorbildlichen Messungen Thomas Stevensons — kann nicht ohne Weiteres zugegeben werden, wenn man die Mangelhaftigkeit des Dynamometers, dessen er sich bedient hat, berücksichtigt; der mittlere durch die Wellen verursachte Stoss und die Gesetze ihrer Aufeinanderfolge könnten nur mit Hilfe eines selbstzeichnenden Apparates erfolgreich studiert werden. Die höchsten und die mittleren Stosswirkungen, welche durch die Wellen auf ein der Gewalt des Meeres ausgesetztes Bauwerk ausgeübt werden, sind übrigens sehr verschieden; die Angriffsfläche einer aussergewöhnlichen Kraftwirkung ist fast immer sehr klein, wie es zahlreiche Erfahrungen beweisen.

Man hat oft die Stosskraft der Wellen zu berechnen versucht, indem man die Beobachtungen untersuchte, welche an verschiedenen künstlichen Bauwerken gemacht wurden. Gewisse plötzlich eingetretene Beschädigungen der Molen durch die See haben im Besonderen als Anfangspunkte bei den Berechnungen

von Stosskräften gedient. Diese Berechnungen basieren fast immer auf Hypothesen, welche sich stützen sei es auf den Widerstand des in Mitleidenschaft gezogenen Mauerwerkmörtels, sei es auf die Grösse der aus der Berührung von natürlichen oder künstlichen Steinmassen hervorgerufenen Reibung. Zu dem Zweifel, welcher aus diesen Hypothesen entsteht, gesellt sich die Unzuverlässigkeit der Formeln des Materialwiderstandes deren Anwendung, durchaus nicht in allen Fällen zulässig ist. Kurz, man hat viel zu oft aus den Augen verloren, dass die Kraftwirkungen, welche den Stössen der Wellen eigen, im Wesentlichen dynamische Erscheinungen sind, und dass ihre Berechnung mittelst statischen Druckes auf das qm getroffener Oberfläche illusorisch sein kann, weil es sich vor allem um Mengen zerstörter, lebendiger Kraft handelt.

Verzichtet man auf die Berechnung der Wellenkraft, welcher die Aussenmole eines zu erbauenden Hafens etwa ausgesetzt ist und beschränkt man sich auf eine annähernde Berechnung um unter diesem Gesichtspunkte die Lage des projektierten Bauwerkes mit derjenigen ähnlicher Bauwerke zu vergleichen: so muss man nacheinander sein Augenmerk lenken auf den Einfluss der Dünung, auf die Grösse des Hafens und auf die Modifikationen, welchen erstere jemehr sie sich dem Ufer nähert, desto mehr ausgesetzt ist.

Die gesamte Energie einer Wellenbewegung, zum Beispiel die theoretische sich im tiefen Wasser fortpflanzende Dünung, ist gleich der flüssigen Masse, welche in der Kreisbewegung der Oberflächenmoleküle enthalten ist, multipliciert mit dem Quadrat ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Sie ist also proportional dem Produkt aus der Länge der Welle und dem Quadrat ihrer Höhe und kann leicht bestimmt werden, wenn man über einen geeigneten Beobachtungsposten verfügt wie zum Beispiel ein Feuerschiff.

Auf den Feuerschiffen, welche der französischen Leuchtfeuerverwaltung unterstellt sind, nimmt man seit langen Jahren bei stürmischem Wetter methodische Beobachtungen über die Bewegungen des Meeres, Höhe, Länge, Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Schwingungsdauer der Wellen vor. Diese Beobachtungen haben den Beweis erbracht, dass die drei letzten der obigen Massbezeichnungen, von denen die eine die beiden andern analytisch bestimmt, für jeden Ort merklich constant bleiben, die Höhen jedoch mit Rücksicht auf ihren mittleren Wert merklichere Abweichungen aufweisen. Für die verschiedenen Beobachtungsposten stellt man dagegen sehr grosse Differenzen

fest. Diese ergeben sich aus der folgenden Tabelle für die starken mittleren Schlagwellen, welche beobachtet worden sind an Bord des in der Nordsee am Ausgange des Pas-de-Calais verankerten Feuerschiffs « Sanddettié » und des Pontons von Rochebonne das nahe dem in der Mitte des Biskaischen Meerbusens (gegen vierzig Meilen westlich der Insel Ré) belegenen felsigen Plateau gleichen Namens verankert ist.

	Sanddettié	Rochebonne
Wassertiefe bei Niedrigwasser	22 m	48 m
Länge	40 m	100 m
Höhe	3'50 m	5 m
Fortpflanzungsgeschwindigkeit	7 m	10 m
Schwingungsdauer	5 Sek	10 Sek.

In Ausnahmefällen, so besonders am 21. Februar 1893 und am 6. Dezember 1896 hat man in Rochebonne Wellen von einer Höhe über 12 m beobachtet, während ihre Länge gleichmässig etwa 104 m betrug.

Die systematische Einrichtung von Beobachtungen, die den erwähnten analog sind, ist leider in den meisten Fällen unmöglich, und man muss sich darauf beschränken unsichere Merkmale zu beachten. Zum Beispiel: die Fläche des freien Meeres, welches die Wellen unter dem Ansturm der heftigen Winde durchlaufen müssen bevor sie den betreffenden Küstenstrich erreichen, die Entfernung, welche die grossen Tiefen von der Küste trennt, der mit Hilfe der Meerestiefenmessung gefundene Anteil der Untiefen oder Klippen, an welchen sich die Tiefenwellen brechen und die Tiefe, wo sich der Schlamm in den der Bewegung des offenen Meeres ausgesetzten Küstengewässern befindet.

In der Nordsee, wo die Tiefen immer mehr nach Süden zu abnehmen, kommen die im Norden sehr starken Wellen abgeschwächt in den Pas de Calais und an den Küsten von Flandern an. Die grossen Wellen des Atlantischen Oceans nehmen ebenfalls an lebendiger Kraft im Kanal La Manche ab, wo die Tiefe gering ist und die Ufer sich nähern.

Die Paketboote, welche den täglichen Dienst zwischen Ostende und Dover, zwischen Boulogne und Folkestone versehen, gehen über die Untiefen von französisch Flandern oder über den Colbart an Stellen, die nur mit 4-5 m Wasser bei Niedrigwasser bedeckt sind. Obgleich verhältnismässig leicht von Gewicht, leiden sie dort nicht ernstlich unter der Beschwerlich-

keit des Meeres, während bei schwieriger See die Fahrt über dergleichen Untiefen bei schelchtem Wetter absolut unmöglich wäre. Tief hinten im Meerbusen von Biskaya dagegen, wo die 300 m-Kurve nur einige Meilen von der Küste entfernt ist, brechen sich die Wellen an Klippen, die mit 40 m Wasser bedeckt sind. In den offenen Buchten im Norden der Küste von Algier brandet fortdauernd eine Dünung von 12-15 m. Die in diesen Buchten gelegenen Häfen sind einschliesslich desjenigen von Saint-Jean-de-Luz die am meisten ausgesetzten der Küsten Frankreichs und des französischen Afrika.

Die Bildung der Ufer an den unmittelbaren Rändern eines Hafens und selbst die Beschaffenheit des Meeresgrundes in unmittelbarer Nähe dieser Ufer wirken auf die Dünung des offenen Meeres und haben einen beträchtlichen Einfluss auf die Kräfte, denen die Bauwerke standhalten sollen.

Die tief hinten in einer Bucht gelegenen Häfen sind ungeheuren dynamischen Kraftwirkungen ausgesetzt, wenn die Dünung infolge gefährlicher Winde direkt auf sie eindringt. Die Welle wird kürzer und höher wegen des unaufhörlichen Widerstandes, welchen die immermehr zunehmende Erhöhung des Grundes ihrem Lauf entgegensetzt. Wenn die Bucht die Form eines Trichters hat, konzentriert sich die Stärke der Bewegung, welche in der Dünung bei ihrem Eintritt enthalten ist, auf eine immer kleiner werdende Wassermenge und vergrössert die Energie der Stösse, welche diese etwa hervorbringen.

Die Erhebungen des Bodens vor einem Hafen sind ebenso wichtig wie der Linienzug der benachbarten Ufer.

Die vor kurzem an der Mündung des Adour ausgeführten Baggerungen zur Verbesserung der Zufahrten des Hafens von Bayonne haben ein schlagendes Beispiel geliefert für den schützenden Einfluss, welchen der unterseeische Grund auf gewisse Bauwerke ausüben kann. Da der Boden des Fahrwassers an der Oeffnung der Hafendämme bei der Hafeneinfahrt um 2 m vertieft worden ist, so hat die Welle diese Bauwerke vernichtet, welche auf steinernem mit natürlichen Blöcken von 1,000 kg bekleideten Unterbau errichtet waren. Die Sicherung der Grundmauern hat die Anwendung von künstlichen Blöcken von immer grösser werdenden Abmessungen erfordert. Diese Blöcke sind erst stabil geworden als ihr Gewicht bis auf 72 t (30 cbm), gebracht wurde.

II. Bau der Aussenmolen der französischen Häfen.

Selbst geringe Abänderungen rein örtlicher Natur können also gänzlich die Widerstandsbedingungen der äusseren Bauwerke eines Hafens umwerfen. Die Erscheinung der Dünung ist verschieden je nach den Meeren oder den als besonders wichtig betrachteten Oceanen. Die Bestimmung der den Molen und Hafendämmen zu gebenden Einrichtungen mit Rücksicht auf die Stosskraft der Wellen, welchen sie widerstehen müssen, ist folglich eine Aufgabe, welche nur Lösungen besonderer Art zulässt.

Wir werden es nun nicht unternehmen sie in ihrer Allgemeinheit zu studieren, sondern uns darauf beschränken die Art und Weise zu zeigen, mit der sie an den französischen Küsten und an den nördlichen Küsten von Französisch-Afrika behandelt worden ist.

1. FRANZÖSISCHE HÄFEN DES KANAL LA MANCHE UND DES ATLANTISCHEN OZEANS.

Die Aussenmolen der französischen Häfen des Aermelkanals und des Oceans sind nach dem einen oder dem andern der 3 grossen Systeme gebaut worden, an welche sich alle bestehenden Dämme und besonders alle massiven Hafendämme anschliessen :

Gänzlich aus Steinen erbaute Dämme, gemischte Dämme, welche einen Unterbau in Steinen und einen senkrechten Oberbau besitzen und Dämme mit senkrechten Seitenwänden.

In den Meeren mit Ebbe und Flut sind die Steindämme nur an sehr geschützten Küstenstrichen zulässig ; das einzige kürzlich entstandene derartige Bauwerk ist der Ostdamm der neuen Schutzhede von Brest (Fig 4 Tfl. 1), welcher mit Rücksicht auf die im Maximum 3 m hohen sich auf der grossen Rhede treffenden Wellen, spitz zulaufend angenommen worden ist.

Gemischte Dämme mit Unterbau aus Steinen und Blöcken.

Weil die Welle einen Druck von gewisser Stärke auf die Steine ausübt, empfiehlt sich die Annahme einer senkrechten Mauer über Niedrig-Wasser, wie sie die Geschichte des grossen Dammes von Cherbourg (1784-1853) darstellt. Auch die im Laufe

der letzten Jahre errichteten, wichtigsten Aussenmolen in den französischen Häfen, welche dem Eintreten der Ebbe und Flut unterworfen sind, gehören alle dem gemischten Typus an. Ihr Unterbau aus Steinen und nicht geschichteten Blöcken ist wenig über Niedrig-Wasser abgeglichen: der Oberbau aus Mauerwerk ist auf diesem Niveau errichtet und durch ein Bankett gegen die Unterwaschung geschützt.

Cherbourg und Brest. — Die Profile des Westdammes der Rhede von Cherbourg (1890-1896) und des in der Vollendung begriffenen Süddammes der Schutzrhede von Brest (Fig 2 und 3, Taf I) sind dadurch festgestellt worden, dass man die Erfahrung beachtete, welche man während der Erbauung des grossen Dammes von Cherbourg erworben hatte, dessen Typus ganz bekannt ist. Man hat für den Unterbau den Gebrauch von nicht ausgesonderten Steinen beibehalten, indem man dabei die Hilfsquellen von ausgezeichnetem Quarzfels und Granit, über die man verfügte, nutzbar machte. Aber man hat den Rauminhalt dadurch verringert, dass man die Böschungen, welche nichtsdestoweniger sehr flach gehalten waren, mit grossen, natürlichen Steinblöcken und mit kleinen, ihre Zwischenräume ausfüllenden Steinen abdeckte. Die Neigung der Böschungen und die Dimension der Blöcke sind derart gewählt worden, dass man der Kraft der Wellen, die gegen die Bauwerke schlagen, Rechnung trug.

Die Oberbauten sind auf zwei Reihen künstlicher unter Wasser liegender Steinblöcke in regelmässigen Linien und schachbrettförmig errichtet worden, deren Zwischenräume sodann in Mauerwerk von unbearbeiteten Bruchsteinen ausgemauert sind. Diese Bauwerke bewähren sich sehr gut: die Unterhaltungskosten der Ostmole von Cherbourg sind beinahe gleich Null.

Boulogne. — In Boulogne (Fig 1, Taf 1) sind die Materialien des Unterbaus der Mole Carnot (1879-89) nach bestimmten Gesichtspunkten ausgesucht, aber ihre Zahl ist auf drei reduziert worden. Die Aussenböschungen sind durch eine dreifache Schicht künstlicher Blöcke von 33 t befestigt, deren Lage jedoch zu wünschen übrig gelassen und deren vorgesehene Neigung 1:1 sich unter der Einwirkung der Stürme auf 5:3 eingestellt hat. Der obere Teil der Verkleidung ist durch Mauerwerk befestigt, welches die künstlichen Blöcke verbindet, die am Fusse des sich ausserhalb des Oberbaues entlangziehenden

Banketts gelagert sind. Die Unterhaltungskosten des Dammes Carnot belaufen sich ungefähr auf 24 bis 25 fr. je lfd. m und je Jahr. Der Hauptanteil der Ausgabe entfällt auf die Abrundungskurve der beiden Arme des Dammes, an welchem die Wellen von W-S-W sich brechen und teilen, und dabei auf die Schutzsteine eine doppelte Wirkung von Sog und Brandung ausüben.

Le Havre. — Die Dämme der neuen Einfahrt von Havre (Fig 6, Taf. I), welche augenblicklich vollendet werden, sind gleichzeitig und zwar nach den Massnahmen entstanden, welche in Cherbourg und Boulogne erprobt sind. Sie haben aber ein viel schwächeres Profil mit Rücksicht auf die verminderte Kraft der Wellen. Dem Westdamme von Cherbourg hat man die Gründungsart des Oberbaus entlehnt, der Mole Carnot die Anordnung der Steine nach bestimmten Gesichtspunkten und die Verkleidung durch künstliche Blöcke; die Stärke dieser Verkleidung ist auf einen einzigen Block von 31 t in Kiesbeton ermässigt worden. Die Dämme von Havre sind noch zu neu als dass man von einer eigentlichen Unterhaltungsperiode sprechen könnte, aber die Art und Weise, mit welcher sie die Stürme ertragen haben, die sie während ihrer Bauausführung angriffen, lässt annehmen, dass die mit dieser Unterhaltung verknüpften Kosten gering sein werden.

In jedem der obenbetrachteten gemischten Bauwerke ist es nicht notwendig gewesen mit dem Oberbau unter das Niedrigwasser herunterzugehen; die Wirkungen der Brandung am Fusse des Oberbaus sind mit Erfolg bekämpft worden, sei es durch die geringe Neigung der Böschung aus natürlichen grossen Steinblöcken wie in Cherbourg, sei es durch ein Bankett, welches die künstlichen Blöcke der Verkleidung wie in Boulogne schützt.

Saint-Jean de Luz. — Die Mole von Artha (1868-1886), welche von den Schutzwerken der Rhede von Saint-Jean de Luz am meisten exponiert ist, wurde gleichfalls erbaut nach einem gemischten Profile, dessen Unterbau von Betonblöcken von 48 t (20 cbm) zusammengesetzt ist. Die natürlichen Steine dienen einzig und allein dazu die zwischen den Blöcken enthaltenen Zwischenräume auszufüllen. Die Aussen- und Innenböschungen des Unterbaus mussten 2:1 beziehungsweise 3:2 geneigt sein und zwar auf beiden Seiten einer Plattform von 24 m Breite, auf welcher eine breite im Verbande hergestellte Mauer

mit äusserer polygonaler Verblendung errichtet und welche wenig über Niedrigwasser gegründet worden ist. (Fig 5, Taf I.)

Dieses Profil auf dessen Oberfläche die Brandung eine rückwärts saugende Wirkung ausübt, hat sich mittelmässig bewährt. Die Blöcke des Fundaments haben sich nicht allein auf der Aussen- sondern auch auf der Innenböschung verschoben. Die Mauer ist rissig geworden; ein bedeutender Spalt hat sich seit den Stürmen von 1898 gebildet, in deren Verlauf Mauermassen bis zu 2000 t schwer von einem einzigen Block fortbewegt worden sind. Die Unterhaltung der Mole von Artha ist schwierig, sie kostet etwa 400 Fr. je lfd. m und je Jahr. Diese Zahl umfasst freilich Verbesserungskosten: Diese bestehen:

1) aus dem Anfeuchten von Betonblöcken von 20 cbm, die nicht nur allein dazu dienen die Böschung des Unterbaues neu zu beschütten, sondern auch zu verflachen,

und 2) — bei Ebbe und Flut — aus der Herstellung von Mauerwerksblöcken von 200 cbm, welche auf die Blöcke von 20 cbm am Fusse der polygonalen Verblendung des Oberbaues aufgesetzt sind, dessen Unterspülung sie verhindern sollen. Anscheinend werden die nach der vergleichenden Prüfung der ein Jahr alten Querprofile des Unterbaues, durcheinandergeworfenen und vielleicht ohne genügende Vorsicht eingebrachten künstlichen Blöcke von 20 cbm nur bei einer Böschung von 4:1 bis 5:1 auf der Seite des offenen Meeres und von 3:1 auf der Seite der Bucht vollkommen standsicher sein.

Bekanntlich ist ein Profil ähnlich dem der Mole von Artha, aber stärker als das in Bilbao für den Wellenbrecher des Aussenhafens misslungen. Er hat nur mit verschiedenen Abänderungen als Gegenmole erhalten werden können, welche, anstatt beinahe senkrecht zur Wellenrichtung zu stehen, von den gefährlichen Wellen der Länge nach angegriffen wird.

Anscheinend ist also in einem auch ausnahmsweise stürmischen Meere wie der hintere Teil des biskaischen Meerbusens der Typus der gemischten Hafendämme mit Unterbau in Steinen und abgeglichenen Blöcken über Niedrigwasser entweder ungenügend oder wenigstens wenig wirtschaftlich. Uebrigens hat die Erfahrung noch nicht unbestritten eine bessere Konstruktionsart eines Dammes gelehrt, der geeignet wäre ebenso heftigen Stürmen zu widerstehen wie die, welche in diesen Küstenstrichen festgestellt worden sind; denn der in so vieler Hinsicht bedeutende Wellenbrecher von Bilbao hat doch nicht ein einziges Normalprofil, entsprechend auch nur im entferntesten den Bedingungen, unter denen er ausgeführt worden ist,

nach der Zerstörung des nach dem verstärkten Typus von Saint-Jean-de-Luz entworfenen Bauwerks. Man kann sich einerseits fragen, ob unter dem auf den Trümmern dieses Bauwerks entstandenen Schutze ein in Niedrigwasser gegründeter Oberbau nicht mit Erfolg hätte errichtet werden können, oder andererseits, ob, ohne den Schutz des zerstörten Werkes, der senkrechte Oberbau, welcher bis zur Ordinate $-5,00$ reichte, auch auf einer Grundfläche aus natürlichen Steinen von ziemlich schwachem Gewichte den Wellen einen angemessenen Widerstand entgegensetzen würde.

Hafendämme von senkrechtem Typus mit Unterbau, der in komprimierter Luft errichtet ist.

Die Kraftwirkungen der Brandung am Fusse einer senkrechten Mauer sind immer zu fürchten. Die Zerstörung des nördlichen Hafendamms von la Tyne 1897, anscheinend hervorgerufen durch die Unterwaschung der Sandschicht zwischen dem alten Bauwerk und dem schieferhaltigen Ton, auf dem das neue Bauwerk ruhen soll, die 200 m lange bis zu 20 m bei Niedrigwasser tiefe Auskolkung, welche sich an der Vorderseite der Fortsetzung der neuen massiven Mole von Zeebrugge in einem Ton gebildet hatte, der von namhaften Konstrukteuren als für wenig den Unterwaschungen unterworfen erklärt wurde, und der sich in mässig dem Seegange ausgesetzten Küstenstrichen befand, sie haben, noch vor kurzem an die Gefahren erinnert, welche schon bei verschiedenen unvermuteten Unfällen an den Hafendämmen von Ymuiden, an der Südmole von Réunion u. s. w. zu Tage getreten sind.

Der Bau von Molen mit senkrechten Wänden empfiehlt sich indessen in gewissen Fällen, besonders für Bauwerke, welche man dem Verkehr zugänglich machen will, wie die Piers des Handelshafens von Dover, die wegen der Schiffe unmittelbar am Lande oder gänzlich auf dem Trocknen liegen müssen.

Die Anwendung von Steinen und mittelst Taucherapparates aufgeschichteten Blöcken aus Beton, der einfach unter Wasser oder in Säcken — welche in gleichem Falle von den englischen Ingenieuren benutzt worden sind — versenkt wurde, ist niemals mit Rücksicht auf die gesteigerten Kosten oder die Gefahren, welche sie nach sich ziehen, in Frankreich zugelassen worden. Aber im Laufe der letzten Jahre sind verschiedene Molen oder Teile von senkrechten Molen mit Erfolg an nur mässig ge-

geschützten Strichen der französischen Küsten des Aermelkanals und des Atlantischen Oceans gebaut worden, wobei man zur komprimierten Luft seine Zuflucht nahm.

La Pallice und Saint-Nazaire. — In La Pallice (1884-88) und in St-Nazaire (1897-1902) sind massive Molen auf grosse parallelepipedförmige Mauerblöcke gegründet worden, welche mit Hilfe von Senkkästen aufgebaut und fest in den Gründungsfels eingefügt wurden. Diese Blöcke sind durch Verbindungsglieder vereinigt worden, welche in komprimierter Luft gemauert oder unter Wasser versenkt wurden. Fangedämme, nach gleichen Bauprinzipien zwischen den Köpfen der Molen errichtet, gestatteten im Trocknen auszuführen das Ausräumen der von den Molen umgrenzten Vorhäfen, die so klein sind, dass man am Fusse der Hafendämme jeden Vorsprung zu vermeiden wünschte, der geeignet wäre, Strandungen hervorzurufen.

Le Havre und Dieppe. — Die Molenköpfe der neuen Hafeneinfahrt von Le Havre (Fig 7, Taf I) ruhen auf einem senkrechten Unterbau aus Mauerwerk, welches bei Anwendung von komprimierter Luft mittelst eines verlorenen Senkkastens bis auf die Ordinate ($-12,85$) heruntergeführt ist dergestalt, dass

1) eine spätere Vertiefung des Fahrwassers an der Einfahrt bis zur Ordinate ($-8,50$) ermöglicht wird,

2) und an den Rändern dieses Fahrwassers jede Böschung vermieden wird, welche geeignet ist, eine Klippe zu bilden. Die neuen Molen von Dieppe werden augenblicklich auf dieselbe Weise mittelst verlorenen Senkkästen fundiert, die meistens einen Meter tief in die den Untergrund der Küste bildenden Kreidefelsen hineinreichen (Fig 8, Taf I).

Die Erfahrung hat uns also die Möglichkeit gezeigt, mittelst der verschiedenen Verfahren der Luftdruckgründung an nur mässig geschützten Küsten und bei Tiefen bis zu 10 m unter Niedrigwasser, Molen vom senkrechten Typus zu erbauen; diese würden dann in den harten Boden derart eingeführt, dass man nichts von Unterspülungen infolge der Brandung zu fürchten hat; als Preis, muss man doch wohl in der Regel 80 Fr bis 100 Fr je cbm des im mittleren Niedrigwasser abgeglichenen Unterbaues annehmen. Diese Hafendämme können in den Gegenden wirtschaftlich sein, wo die Steine selten sind. Ihr Widerstand gegen den Angriff der Wellen ist nach ihrer Vollendung ein vollkommener, und sie scheinen nicht anderen Ursachen der Zerstörung unterworfen zu sein als denen, welche auf

den Angriff des Meeres gegen alle Mauerwerksbekleidungen zurückzuführen sind.

2. FRANZÖSISCHE HÄFEN DES MITTELLÄNDISCHEN MEERES.

Alle an den französischen Küsten des Aermelkanals oder des Atlantischen Oceans erbauten Dämme und Molen sind in ziemlich geringen Tiefen errichtet worden. Die Dämme der französischen Küsten des Mittelländischen Meeres sind dagegen häufig in Tiefen grösser als 15 m erbaut und erreichen 30 m in Marseille und 35 m in Algier. Sie befinden sich aus diesem Grunde mehr der Gewalt des Meeres ausgesetzt.

Sie sind in Steinen und in Blöcken mit oder ohne Schichtung ausgeführt. Mit einer bemerkenswerten Ausnahme, nämlich der neuen Dämme von Bizerte, gehören sie nicht dem gemischten Typus an. Die Oberbauten oder Brüstungsmauern, welche sie tragen, bilden nicht in derselben Masse einen wesentlichen Bestandteil des Bauwerkskörpers, wie die senkrechten Mauern der französischen Molen bei den Häfen im Aermelkanal und im Atlantischen Ocean. Die Errichtung dieser Mauern in den Meeren mit Ebbe und Flut hat sich bewährt; nichts verhindert dagegen im Mittelländischen Meere die Verlängerung der Steinböschungen oder der Blöcke bis über das höchste Hochwasser.

Die Dammkronen, welche verschiedenen Dämmen der Häfen des Mittelländischen Meeres aufgesetzt sind, werden im allgemeinen durch die diesen Bauwerken zufallende doppelte Aufgabe begründet. Diese sollen nicht nur als Wellenbrecher dienen, sondern auch Operationsbassins schützen, deren breite Kais sich ihnen manchmal angliedern. Diese weitere Aufgabe hat natürlich auf ihre Einrichtungen Einfluss gehabt.

Dämme in Steinen und nicht geschichteten Blöcken.

Marseille. — Der Damm von Marseille (Fig 1 und 2, Taf II) bildet einen klassischen Typus eines Dammes, welcher die Operationsbassins schützt. Er ist im Jahr 1895 angefangen und seine wirkliche Länge erreicht 4445 m einschliesslich einer Verlängerung von 550 m, welche kürzlich vollendet worden ist. Während dieses langen Zeitabschnittes von 60 Jahren sind ein und dieselben Grundsätze im Laufe der Arbeiten immer mit Erfolg beobachtet worden.

Wenn man einzig und allein den Damm von Marseille vom Gesichtspunkte seiner Widerstandsfähigkeit der Wellenkraft

gegenüber ins Auge fasst, erscheint es angebracht die folgenden Punkte zu beleuchten.

Ist die Aussenböschung des Unterbaues mit 4:3 unterhalb der Bekleidung mit künstlichen Blöcken geneigt, so richtet sie sich, diese letzteren stützend, mit 1:1 von dem Bankett bis zum Wasserspiegel wieder auf; dann fällt sie oberhalb des Spiegels plötzlich auf 3:1. Die Schnittkante dieser beiden letzteren Böschungen bewirkt, dass die Welle im eigentlichen Moment, wo sie mit der grössten Kraft angreift, auch gebrochen wird. Der Teil dieser Welle, welcher sich über Mittelwasser erhebt, fällt auf der sanften Böschung in sich zusammen und verliert dort seine lebendige Kraft dadurch, dass er die Blöcke, die er fast normal trifft, auf die Bekleidung drückt. Die unter Mittelwasser liegenden Blöcke sollen allein Brandung hervorrufen, und wenn der eine von ihnen etwa von der Welle emporgehoben werden sollte, so würde er, sobald er die Schneide der Bekleidung überschritten haben würde, stehen bleiben und zurückfallen, eintretenden Falles um die Auskolkung der Böschung unter Wasser auszufüllen.

Die künstlichen Blöcke sind Parallelipipede, ihre Länge gleich der doppelten Breite und möglichst so gelegt, dass sie dem Anprall der Wellen die kleine Fläche darbieten. Ihre Standsicherheit ist so in angemessener Weise ohne eigentliche Schichtung erreicht worden.

Jede senkrechte Oberfläche ist nicht direkt der Kraft der Wellen ausgesetzt. Der Teil des Hafendamms, welcher an den Operationsbassins entlangläuft und durch einen angegliederten Kai verdoppelt wird, ist allerdings von einer Brüstungsmauer überragt, die hauptsächlich zum Schutze des Kais bestimmt ist; aber diese auf einem Kern von natürlichem Fels gegründete Brüstungsmauer ist vor jedem gefährlichen Angriff der Welle geschützt. Die schon durch die Kante der Verkleidung mit künstlichen Blöcken einmal zerteilte Welle wird, beim Uberschreiten der Verkleidung noch zum zweiten Male geteilt und zwar durch einen das Bankett bildenden Mauerwerkklötz, der auf den Blöcken gegründet ist und den Blöcke und Brüstungsmauer trennenden Raum ausfüllt. Unter diesen Bedingungen wird die letztere nur durch Spritzwellen überspült, und die nach der Seite des offenen Meeres liegenden Kais der Bassins bleiben für eine wichtige Ausnutzung geeignet. Jede senkrechte direkt den Stössen der See ausgesetzte Wand würde dagegen Wasserbewegungen veranlassen, welche, auf die Erdabdeckung der Kais fallend, letztere bei schwerem Wetter

unbenutzbar gemacht haben würden, ja ihre Zerstörung hervorgerufen hätten.

Die Unterhaltungskosten der Mole von Marseille sind für den ganzen Teil des Bauwerkes, das später als 1850 errichtet ist, unbedeutend.

Das Normal-Profil der Marseiller Mole ist in jeder Weise geeignet, da angewendet zu werden, wo es den heftigsten Meerestürmen widerstehen muss, wie denen welchen die algerischen Häfen ausgesetzt sind. Die in Steinen oder künstlichen Blöcken errichteten Dämme in verschiedenen von ihnen zum Beispiel Philippeville und Oran, die den Anordnungen der Hafendämme von Marseille oder ähnlichen solcher Anordnungen nachgeahmt sind, haben allerdings schwere Beschädigungen erlitten. Aber diese Beschädigungen lassen sich alle erklären dadurch, dass nicht genügend verstanden oder ausser Acht gelassen ist irgend eine der Vorschriften welche für die Zusammensetzung des Normalprofils die Richtschnur bildeten, oder dadurch dass Fehler bei der Ausführung gemacht worden sind, deren Folge gewesen ist, dass Profile gebaut wurden, die von den projektierten gänzlich verschieden waren.

Philippeville. — Der grosse Damm des Hafens von Philippeville, der eine Länge von 1625 m erreicht, ist in der Zeit von 1860 bis 1897 nach 3 angenommenen Profilen erbaut worden und zwar aufeinanderfolgend das eine vor 1878, das zweite von 1878-1890 und das dritte nach diesem Zeitpunkte.

Das Profil vor 1878 ist durch die Gedanken charakteristisch von welchen man sich während langer Jahre bei der Ausführung derartiger Bauwerke in Algier leiten liess. Es enthält einen Kern von natürlichen und nach besonderen Arten eingeteilten Steinen, welche nach der Seite des offenen Meeres von künstlichen Blöcken von 15 cbm Inhalt überdeckt und geschützt sind. Letztere sind in gewöhnlicher Art und Weise im Sinne der Molenlänge angeordnet. Die Verkleidung mit Blöcken, welche mit der Böschung 1 : 1 abgeglichen ist, reichte bis zum Wasser und war mit einem grossen Mauerwerksblock, sogenanntem Schutzblock, der den Wellen eine senkrechte Mauer entgegensetzte, überdeckt worden. Diese erzeugte eine gewaltige Brandung, infolge welcher die Wellen den Schutzblock überfluteten und auf die Innenböschung des Bauwerkes in Massen, stark genug, um es zu beschädigen, herniederfielen. Die senkrechte Komponente der Wellenkraft, welche auf der grössten Vorderseite der Bekleidungsblöcke wirkt, genügte andrerseits letztere manchmal über die Schutzblöcke hinwegzuheben

und sie von da auf die innere Böschung zurückzuwerfen; gleiche Bewegungen übertrugen sich unglücklicher Weise auf die Schutzblöcke selbst, weil diese einzig und allein auf den Verkleidungsblöcken ruhten.

Der so konstruierte Hafendamm wurde 1878 durch einen Sturm umgerissen in dessen Verlauf die «grünen Wellen», die obere Plattform des Bauwerkes um 8 m überfluteten. Das bei seiner Wiederherstellung angewandte Normalprofil (Fig 4, Taf II) bestand darin, das einfache durch den Sturm zerstörte Profil mit einem gewaltigen Oberbau aus Mauerwerk zu bedecken. 1) Dieser Oberbau der eine Schutzmauer bildete, wurde von zwei Reihen neuer Schutzblöcke von starken Abmessungen geschützt. 2) Die unterseeische Böschung des Profils, die gewöhnlich durch den einfachen mehr oder weniger versackten oder umgeschlagenen Schutzblock gekrönt war, musste ausserdem durch künstliche Blöcke von 15-40 cbm beschwert werden. Das Normal-Profil von 1878 bietet hinsichtlich des Widerstandes gegen die See dieselben Nachteile wie das einfache Profil. Trotz ihrer Höhe wird die Schutzmauer von den Wellen überspült und die Unterwaschung der Innenböschung des Unterbaus bleibt zu befürchten. Die Wirkungen der Brandung auf die nach der Seite des offenen Meeres gelegene Böschung rufen nach wie vor andererseits dort ein bemerkenswertes Schwächerwerden hervor. Die künstlichen Blöcke gleiten nach jedem ein wenig heftigen Anprall des Meeres herab und lassen dadurch auf einer wechselnden Höhe den Fuss des Oberbaues ohne Schutz, indem sie unter sich grosse Zwischenräume bilden.

Deshalb nahm man, nachdem im Jahre 1890 eine Verlängerung des Dammes auf 225 m beschlossen worden war, für seine Ausführung ein neues Profil an. (Fig 5, Taf II.) Dieses erlaubt 1). an Stelle der starken aus dem Wasser auftauchenden Grundmauer eine bedeutend kleinere Erhöhung und eine mittlere Böschung, die nach der Seite des offenen Meeres merkbar schwächer ist. 2) für die unter Wasser befindliche Böschung eine Verkleidung in künstlichen Blöcken, die mittelst eines schwimmenden Mastenkrans eingebracht sind zwar ohne eigentliche Schichtung, aber nichtsdestoweniger mit einer gewissen Regelmässigkeit, welche den Blöcken mehr Stabilität zusichert wie die Systeme des einfachen Versenkens oder des Verstärzens, wie man sie früher angewandt hatte.

Dieses System, welches in Algier viel zu oft für die Aufschüttungen und die Unterhaltung gebraucht worden ist, besteht darin Blöcke auf der Plattform des Dammes herzustellen, sie

mittelst Hebeböcken und Schraubenwinden auf ein Traggestell zu heben und in schwankende Bewegung zu bringen. Das System gestattet nicht, den Blöcken den Platz zu geben, welchen sie einnehmen sollen, folglich auch nicht der Verkleidung die Form und die passenden Dimensionen. Es hat überdies den Nachteil dass man den künstlichen Blöcken beinahe Würfel-form geben muss, die es ihnen allein gestattet längs einer Böschung leicht hinabzurutschen, die aber für ihre Haltbarkeit ungünstig ist.

Das Profil von 1890 hat sich bedeutend besser bewährt als das von 1878. Keine Wiederaufschüttung der äusseren Böschung ist bisher nötig gewesen, obwohl der Rauminhalt der Verkleidungsblöcke nicht grösser als 15 cbm ist (35 t). Allerdings fängt eine gewisse Senkung dieser Böschung an sich bemerkbar zu machen, aber sie kann nicht mit den grossen Lücken verglichen werden, welche man in den 1400 ersten Metern des Hafendamms bemerkte, wo indessen verschiedene durch schwankende Bewegung an ihre Stelle gebrachten Verkleidungsblöcke 120 cbm (230 t) Rauminhalt haben. Hinsichtlich ihres Wertes sind die Profile von 1878 und 1890 bei zweien im Jahre 1900 und 1903 hereingebrochenen ausnahmsweise heftigen Stürmen einer Prüfung ausgesetzt worden. Im Laufe dieser letzteren erreichte und bedeckte die volle Welle beinahe ganz und gar auf grosse Längen, zwar ohne Brandung, den äusseren Teil des Damms bis zur Ordinate (+6,00); sie überstieg in natürlicher Grösse, nachdem sie brandete, die Krone des Damms bis zur Ordinate (+12,80). Die Ausbesserung der eingetretenen Beschädigungen zwischen den Stationen 500 und 1400 hat eine Ausgabe von 260000 Franks infolge des Sturmes von 1900 verschlungen und von 350000 Fr. infolge des Sturmes von 1903. Die Schäden zwischen den Stationen 1400 und 1625 sind gleich Null gewesen. Diese Tatsachen setzen den Einfluss der allgemeinen Form des Profils und der Regelmässigkeit der Ausführung auf die Erhaltung eines Hafendamms am Meere in helles Licht; diese Form und diese Regelmässigkeit haben eine Wichtigkeit vergleichbar derjenigen der Abmessung der aufgegebenen Blöcke.

Oran. — Der grosse Hafendamm von Oran ist im Jahre 1860 angefangen und gegen 1876 vollendet worden. Da die Entwicklung des Handels eine beträchtliche Vergrösserung des Hafens nötig machte, so musste der Hafendamm um 1300 m verlängert werden. Die neuen Bauwerke, sowie die gegenwärtigen wer-

den vollständig den Nordstürmen, welche in Oran sehr heftig sind, ausgesetzt sein, obgleich das Meer dort als etwas weniger stürmisch als in Philippeville angesehen werden könnte.

Die Auswahl der Dispositionen für den Bau des neuen Hafendamms erforderte ein vorhergehendes, aufmerksames Studium in wie weit sich der alte bewährt hatte. Dieser war in verschiedenen Profilen ausgeführt worden, von denen das stärkste — nach einem Sturm von 1869 angenommen — durch die Figur 6, Taf. II dargestellt wird. Obwohl dem einfachen Profil von Philippeville vorzuziehen, stellt das Profil von 1869 hinsichtlich der Verringerung der Stärke, welche an dem Schutzblock vorgenommen ist, einen grossen Teil seiner Uebelstände dar.

Die Aussen- und Innenböschungen des Hafendamms von Oran sind gründlich angegriffen worden, die Schutzblöcke blosgelegt und beschädigt, die natürlichen und künstlichen Steine des Unterbaus unter wechselnden Neigungen von 3,6 : 1 und 5,3 : 1 ausgebreitet worden bis zu Tiefen von 6 bis 9 m unter Niedrigwasser, von wo an sie ihre natürliche Böschung angenommen haben. Die Breite des Damms, bis ungefähr zur Ordinate (—7,00) schwankt zwischen 40 m, einer an die des Normalprofils angrenzenden Zahl, und 75 m.

Dass sich der Damm von Oran selbst mit dem Profil von 1869 gar so schlecht bewährt hat, ist auf die Mängel dieses Profils besonders aber auf die Art, in welcher es wirklich ausgeführt worden ist, zurückzuführen. Die künstlichen Blöcke von 15 cbm Inhalt, welche ursprünglich die Verkleidung bildeten, sind teils mit Hilfe von Gleitprähmen teils zu Lande mit Hilfe von Wagen mit drehbarer Plattform und Gestell an Ort und Stelle gebracht worden. Die Wiederaufschüttungs- und Unterhaltungsblöcke, deren Rauminhalt heute 30 cbm erreicht, sind auf der oberen Plattform des Bauwerkes hergestellt und mittelst Wagen- und Schraubenwinden angehoben worden. Sie haben demzufolge beinahe Würfelform erhalten. Unter diesen Umständen zeigt die Verkleidung mit künstlichen Blöcken Abmessungen und einen Umriss irgend beliebiger Art, und es bleibt allein dem Meere überlassen, sie standsicher zu lagern.

Dieses Resultat ist in gewissen Abschnitten des Damms erreicht worden, wo sich in der Mitte grosser würfelförmiger Blöcke aus Mauerwerk Betonblöcke von kleinerer Abmessung aber länglicher Form zeigen. Da der Beton seit 1880 zur Anfertigung der künstlichen Blöcke in Oran nicht mehr verwandt wurde, so müssen die Teile der Verkleidung, um die es sich

handelt, als besonders dauerhaft angesehen werden, zumal sie seit 25 Jahren trotz der geringeren Schwere ihrer wesentlichsten Bestandteile gut Widerstand geleistet haben. Sie werden bezüglich des Profils durch das Fehlen von steilen Böschungen längs der Schutzblöcke charakterisiert. Die Verkleidung reicht über die Plattform hinaus und fällt in sanfter Neigung bis auf den Wasserspiegel um dann unter einer Neigung von $5/4$ unterzutauchen.

Diese Form nähert sich sehr derjenigen, welche in dem grossen Hafendamm von Marseille angewendet ist nur dass in letzterem Hafen die Verkleidung mit künstlichen Blöcken sich auf eine Brustmauer stützt, vor der sich das gemauerte Bankett befindet, welches gleichzeitig die Krone der Verkleidung schützt und auch zur Befestigung der Brustmauer mitwirkt.

Die soeben erwähnten Erfahrungen haben dahin geführt, dass man das durch die Figur 7 Taf. II dargestellte Profil für die Verlängerung des grossen Hafendammes von Oran annahm, welches vielleicht als die Anlehnung an das Vorbild von Marseille bei stürmischen Meeren angesehen werden kann. Es unterscheidet sich von dem Profil von 1869 durch eine Verbreiterung des Banketts um annähernd 5 m bis zur Ordinate ($-9,00$) durch eine Erweiterung der Verkleidung mit künstlichen Blöcken um mehr als 3 m und durch ein Vorrücken dieser Verkleidung um mehr als 6 m, endlich durch eine Erweiterung und eine beträchtliche Verstärkung des hervortretenden Teils des Dammes. Es stimmt in seinen Hauptformen mit dem zuletzt in Philippeville gewählten Profil überein. Auch dieses ergab sich aus den Formen, welche unter der Wirkung der See für den vor 1890 erbauten Damm angenommen worden waren. Anscheinend musste dieses bei dem Hafen von Mostaganem angewendet werden. Dort ist ein Damm, der nach dem System der künstlichen mit geneigten Rändern geschichteten Blöcke, mit einem Steinfundament und äusseren Schutz mittelst durcheinander geworfener Blöcke erbaut war, durch die See im Jahre 1903 vernichtet worden.

Die gute Ausführung des für die Verlängerung des grossen Dammes von Oran angenommenen Profils, gestattet eine methodische Verwendung der natürlichen Steinmaterialien, welche teils mittelst Schiffen versenkt, teils mittelst eines schwimmenden Hebekrans auf dem zukünftigen Bauplatz niedergelegt werden sollen. Die künstlichen Verkleidungsblöcke werden in gleicher Weise nur für das Meer angewandt sein; diejenigen, die unterhalb der Ordinate ($-3,50$) gelegen sind, werden unge-

fähr 24 t wiegen ($3,5 \text{ m} \times 2,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 105 \text{ cbm.}$) und teils dadurch, dass man sie abrutschen liess, teils mittelst eines schwimmenden Mastenkrans an ihre Stelle gebracht worden sein. Diejenigen, welche oberhalb der Ordinate ($-3,50$) gelegen sind, werden ungefähr 46 t wiegen ($4,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} = 20,25 \text{ cbm}$) und nur mittelst eines schwimmenden Mastenkrans an ihre Stelle gebracht worden sein.

Dämme aus Steinen und geschichteten Blöcken.

Die ausgeführten oder projektierten Dämme zu Marseille, Philippeville, Oran und verschiedener anderer algerischen Häfen gestatten keine eigentliche Schichtung der künstlichen Blöcke. Da die Erfahrung den Nutzen gezeigt hat, den es bringt diese mit einer gewissen Regelmässigkeit derart zu setzen, dass genau die projektierten Profile herauskamen, so hat man sich fragen können, ob man dadurch nicht Vorteil haben würde, wenn man an Stelle dieses methodischen Legens ein Aufschichten setzen würde, das ähnlich ist dem, welches in Italien für zahlreiche Bauwerke und im Besonderen für die Mole Galliera zu Genua angenommen worden ist.

Blöcke, in horizontalen, regelmässigen Schichten unter ähnlichen Verhältnissen wie die in Genua gelagert, wurden in La Goulette versucht (Einfahrt des Kanals von Tunis) und zu Algier (Verlängerung des Süddammes). Aber diese wenig ausgedehnten Versuche sind bei relativ ruhiger See gemacht worden, sie können nicht als überzeugend betrachtet werden.

Cette. — Die äussersten Molenköpfe, welche die Verlängerung des Wellenbrechers von Cette bilden und 1881-1895 erbaut wurden, stellen dagegen ein bemerkenswertes Beispiel eines Dammes mit geschichteten Blöcken dar, sowohl hinsichtlich ihrer Entwicklung als dadurch, dass sie unmittelbar den Wellen von Südost ausgesetzt sind, welche mit Heftigkeit an die Küsten des Golfes von Lyon anprallen. Ihr Normalprofil (Figur 8, Taf II) besitzt einen Sockel von natürlichen Steinen, welcher nach dem offenen Meere zu geschützt und auf seinem oberen Teil von geschichteten Blöcken von 20 cbm bekleidet ist, deren grösste Ausdehnung senkrecht zur Axe des Molenkopfes liegt. Ihre Schichtung, welche mittelst eines schwimmenden Mastenkrans bewerkstelligt wurde, ist gleichfalls nur bei gewissen italienischen Dämmen wirklich ausgeführt worden. Die Blöcke sind nicht so verlegt, dass sie sich berühren; sie lassen unter-

einander Zwischenräume, welche an gewissen Punkten 0,60 m und selbst 0,80 m gross sind. Die Festigkeit der Blöcke ist durch die Ausfüllung der Fugen gesichert worden unter Wasser mit Hilfe von Bruchsteinen, über Wasser mit Hilfe von Beton- oder Mauerwerkmassen.

Der Entwurf der Molenköpfe von Cette gestattete die Ausführung von Schutzblöcken oberhalb des durch Figur 8, Taf II dargestellten grossen Mauerkörpers. Aber man hat auf diesen Oberbau verzichtet, welcher die Brandung zum Schaden der Haltbarkeit der Aussenböschung des Unterbaus vermehrt haben würde, und welcher überflüssig war, weil die Molenköpfe nur das Fahrwasser der Hafeneinfahrt beschützen und nicht ein Operationsbassin zu decken haben. Bei schwerer See bedeckt das Meer die Bauwerke; aber durch brandende Wellen werden sie für die Schiffe sichtbar, welche dahinter genügend ruhiges Wasser vorfinden.

Der Erfolg des zu Cette zum ersten Male angewandten Profils ist unbestritten. Er rechtfertigt die Nachahmung, die davon mit geringeren Ausdehnungen bei den Verschlußsdämmen der Rhee de von Toulon und am Molenkopfe welcher die Westmole des Hafens von Cannes verlängert, gemacht worden ist; aber man kann sich nicht zu Gunsten der allgemeinen Anwendung von Verkleidungen mit geschichteten Blöcken in horizontaler Lage darauf berufen. Die Molenköpfe von Cette sind in der Tat auf einem aus sehr lockerem Sand bestehenden Untergrund errichtet; Unterwaschungen und bedeutende Senkungen haben sich gebildet. Sie haben von der Seite der offenen See her Bewegungen in den in horizontalen Schichten übereinandergelegten Blöcken herbeigeführt und wegen der Unmöglichkeit, in die auf diese Weise hervorgebrachten Lücken neue, geschichtete Blöcke einzuführen, hat man den Ausweg eingeschlagen, die letzteren mittelst starker auf der Plattform hergestellter und dann bis zu den Zugängen zu den geschwächten Querprofilen hingeschwenkter Blöcke auszufüllen (1). Unter diesen Bedingungen nimmt das Profil der Molenköpfe von Cette die Gestalt eines Kerns von geschichteten Blöcken an, die gegen die offene See hin durch Blöcke aus Steinen für Molenbauten geschützt sind. Die Kosten der Schichtung sind also, was die Böschung nach der offenen See hin betrifft, unnötig gewesen.

(1) Die Wiederaufschüttungen der Aussenböschung der Köpfe des Wellenbrechers von Cette erfordern eine Ausgabe von etwa 20 Francs je lfd. m und je Jahr.

Bekanntlich ist eine ähnliche Modifikation bei einem Teil der Verkleidung mit geschichteten Blöcken bei der Mole Galliera eingetreten, besonders nach Seebeschädigungen, welche sie im Jahre 1898 erlitten hat, und vermutlich werden viele Bauwerke welche aus geschichteten Blöcken in horizontaler Lage ausgeführt und unmittelbar der Wirkung heftigen Seeganges unterworfen sind, einen ähnlichen Umschwung unter dem Einfluss von zuweilen sehr langsamen aber fast immer unvermeidlichen Bewegungen und Sackungen, denen sie ausgesetzt sind, erfahren müssen. Die Verkleidungen mit Blöcken, welche nach einem fast regelmässigen Profil durch einen schwimmenden Mastenkran so an ihren für sie bestimmten Platz gesetzt sind, dass sie sich eine gegenseitige Stütze gewähren, kann man unterhalten, die Verkleidungen mit geschichteten Blöcken jedoch nicht.

Algier. — Die Gestalt, zu welcher natürlicherweise das Profil des Hafendamms von Cette unter der doppelten Wirkung des Meeres und der Unterspülungen hinneigte, ist nicht ohne Einfluss auf die für den Hafendamm des Hinterhafens von Agha in Algier getroffenen Dispositionen gewesen. Diese beruhen ausserdem auf Misserfolgen, welche vom Normalprofil der Nordmole von Algier bekannt geworden sind. (Fig. 9 Taf. II).

Bekanntlich ist diese letztere, die im Jahre 1838 angefangen und zu allererst in ganzer Höhe unterhalb des Meeresspiegels aus Betonblöcken von 10 cbm errichtet wurde, bestehen geblieben selbst in ihren neusten Teilen, die ausschliesslich aus künstlichen Blöcken von 10 - 40 cbm oberhalb der Ordinate — 10 erbaut worden sind. Der hohe Teil des Unterbaues besitzt also Zwischenräume, die so gross sind, dass sie den Durchgang der Dünung unter der Dammkrone zulassen und zur Bewegung des Hafenwassers beitragen. Verschiedene kostspielige Hilfsmittel mussten bei dieser Lage der Verhältnisse angewandt werden.

Daher hat man bei Erbauung des Hinterhafens von Agha, der im Jahre 1899 im Süden der bestehenden Bauwerke von Algier angefangen worden ist und dessen Damm denselben Druck auszuhalten haben wird wie der Norddamm, im Innern des Unterbaues einen massiven Kern aus geschichteten Blöcken angeordnet, der wesentlich den Zweck hat als Schutzwehr gegen die Welle zu dienen. Die Figur 10, Tafel II, welche das Profil des äussersten Endes des Hafendamms von Agha darstellt, zeigt

die Anordnung der Schutzwehr aus geschichteten Blöcken, welche gegen die unmittelbare Wirkung der See durch eine Verkleidung aus künstlichen Blöcken von 20 cbm geschützt wird. Diese sind vermitteltst eines Mastenkrans ungeordnet eingebracht worden. Die Verkleidungsböschung, welche im Wasserspiegel einen Knick hat, steigt bis zum Boden mit einer Neigung von 5 : 4 herunter. Die Einwirkung der See hat natürlicherweise bei der seeseitigen Böschung der Nordmole diese Neigung herbeigeführt.

Die geschichteten Blöcke sind nicht innerhalb der Einteilung der einzelnen Lagen horizontal verlegt worden wie in Genua oder in Cette. Diese Anordnung würde es nicht ermöglicht haben, den Versackungen zu folgen, welche die Höhe des Steinkerns und die leichte, schlammige Natur des Bodens zu Algier unvermeidlich machen und welche die Biegungen und inneren gefährlichen Rückwirkungen in einem Mauerklotz aus einheitlichen Blöcken hervorbringen würden. Die Lösung, die darin besteht die Blöcke innerhalb der einzelnen Lagen schräg aufzuschichten — eine Lösung, die bei mehreren englischen Dämmen in la Réunion und selbst in Algier zu Mostaganem zugelassen worden ist, wo sie aus verschiedenen Ursachen schlechte Resultate ergeben hat — diese Lösung ist verworfen worden, da sie nicht mehr genügend die Unabhängigkeit der Bewegung der Blöcke mit Rücksicht auf den Druck der Platten gegeneinander sicher stellte. Die Blöcke des Hafendamms von Agha sind genau übereinander gelegt worden derart, dass sie senkrechte Spalten bilden. Zwischen ihnen besteht nur allein die Einheitlichkeit, die sich aus dem Vorhandensein der Mauerkrone ergibt, welche ausserdem alle 8 und 10 m durch senkrechte Fugen unterbrochen ist.

Der Hafendamm von Agha hat sich bis auf den heutigen Tag gut gehalten, aber seine Vollendung ist neu und hat noch nicht ausnahmsweise schwere Stürme erlitten.

Gemischte auf Steinen gegründete Dämme.

Der Hafendamm von Agha zeigt an der Seite des Hafens oberhalb der Ordinate (—600), eine senkrechte Wand. Die neuen Dämme von Bizerte besitzen senkrechte Wände oberhalb der Ordinate (—800) sowohl auf der Seite der offenen See als auf der Hafenseite. Sie gehören einem gemischten System an, das von den Systemen gänzlich verschieden ist, von welchen die

Dämme und Molen aus Steinen und Blöcken mit geneigten Böschungen der übrigen französischen Häfen herstammen.

Bizerte. — Die zusammenlaufenden Hafendämme des Vorhafens von Bizerte, zum Beispiel der, welcher von 1889 bis 1895 erbaut worden ist (Fig 11, Taf II), besaßen einen Kern aus Steinen, die ganz beliebig nach der Seite der offenen See hin durch eine Verkleidung aus starken natürlichen Blöcken geschützt wurden. Diese Bauwerke mit ziemlich schwachem Profil haben dem Anprall der Wellen vollkommen stand gehalten. Das beweist wie viel weniger stürmisch das Meer in der Bucht von Bizerte als in den übrigen Buchten der Nordküste von französisch Afrika ist. Aber die Steinbrüche der Umgebungen liefern gewöhnlich nur mergelige Kalksteine mittelmässiger Qualität, welche sich schnell an der salzhaltigen Luft zersetzen. Diese Tatsache macht sich nicht allein an den Verkleidungsblöcken der Dämme über Wasser bemerkbar, sondern ebenfalls bei dem Mauerwerke der Dammkrone, wo die Mörtelfugen sich nach kurzer Zeit aufgesprungen zeigen.

Die Umwandlung des Hafens von Bizerte in einen Kriegshafen, welche seit 1889 vorgenommen wird, hat die Notwendigkeit einer Verlängerung des Norddammes auf 200 m und die Errichtung eines abgesonderten Wellenbrechers von 607,50 m Ausdehnung ergeben, 1) Die schlechte Beschaffenheit der verfügbaren Steine, 2) die Natur des für die neuen Bauwerke geforderten Schutzes, welche nicht Operationsbassins zu decken, sondern einzig und allein als Wellenbrecher dienen sollen, 3) Sparsamkeits- und endlich, 4) Unterhaltungsrücksichten haben dazu geführt, den Typus der einfachen Hafendämme von Bizerte ganz genau näher zu bestimmen.

Die Verlängerung des Norddammes und der abgesondert belegene Wellenbrecher (Fig 12, Taf I) sind aus ungeheuren künstlichen Blöcken erbaut, die in Marmor abgeglättet, in eisernen Senkkästen mit beweglichen Unterlagen errichtet und auf einen ganz sorgfältig bis zur Ordinate (—8,00) abgeglichenen massiven Steinklotz aufgesetzt sind. Die obere Plattform des Unterbaus hat eine Auskragung von 10 m auf der nach dem offenen Meere belegenen Seite und von 5 m auf der Innenseite erhalten. Die Dossierungen des Unterbaus waren mit 5 : 4 vorgesehen, ihre Neigung musste bei der Ausführung auf 5 : 2 nach der Seite des offenen Meeres gebracht werden.

Die Art der Ausführung der grossen Blöcke von Bizerte, welche mit dem beim Wellenbrecher von Bilbao und an der Mole von Zebrügge angewandten Verfahren zu vergleichen interessant sein würde, gehört nicht in den Rahmen des vorliegenden

Berichts. Es mag genügen zu erwähnen, dass die durchlaufenden Blöcke 8 m Breite und 31 m Länge haben. Die Blöcke der drei Molenhäupter haben eine Breite von 16 m und die, welche zwischen ihnen und den durchlaufenden Blöcken eingeschaltet sind, eine Breite von 10 m. So schwankt denn das Gewicht der Blöcke zwischen 5000 und 6500 t.

Was ihr Einbringen an die richtige Stelle anbetrifft, so konnte es ganz genau erfolgen; zwei nur von 23 Blöcken des Wellenbrechers haben im Vergleich zu dem aufgestellten Plan bemerkenswerte Abweichungen ergeben. Ihre Senkungen sind, obgleich sie manchmal 0,70 m erreichten, sehr regelmässig während der Bauperiode gewesen.

Die Art und Weise wie die neuen Dämme von Bizerte sich seit ihrer Vollendung (1903) gehalten haben, hat zu interessanten Bemerkungen Veranlassung gegeben. Trotz ihrer Abmessung, ist die Sicherheit der künstlichen Blöcke keine absolute. Ein Nordweststurm, der im Februar 1904 hereinbrach, hat in einigen Stunden die schöne Regelmässigkeit des Wellenbrechers zerstört. Die Blöcke haben sich nicht nur zu ungleichen Mengen aufgehäuft und sich mit Leichtigkeit nach dem Innern hin geworfen, sondern einige haben sich sogar, nachdem sie sich um ihre westliche Aussenseite gedreht hatten, zusammengekeilt. Die Weite der Vorrückung ihrer östlichen Aussenseite erreicht 0,15 m. Die festgestellten Axendrehungen sind also nach dem Bericht zu $\frac{0,15}{30,00} = \frac{1}{280}$ gemessen worden.

Man hat die Wiederholung solcher Uebelstände dadurch zu vermeiden versucht, dass man die senkrechten Fugen, welche in Abständen von 30 zu 30 m zwischen den Blöcken von 5000 t vorhanden sind, mit Beton ausfüllte und so den Oberbau haltbar machte. Gleichzeitig hat man das Innenbankett des Unterbaues in folgender Weise verstärkt:

Das Füllwerk der Fugen war beinahe vollendet als zu Ende des letzten Monats November ein Oststurm über die Bauwerke von Bizerte hereinbrach und im Wellenbrecher bedeutende örtliche Zerstörungen hervorrief. Alle Fugen haben sich gespalten und verschiedene Blöcke ernste Beschädigungen in ihren oberen Teilen erlitten. Es ist zu befürchten, dass die nächsten Stürme diese Beschädigungen noch vermehren, die Betonfugen vollkommen auseinander weichen und die Blöcke selbst senkrecht bersten werden.

Auscheinend geht aus den Novemberbeschädigungen, welche

von denen des Februars 1904 sehr verschieden sind, hervor, dass die den 5000 t schweren Blöcken gegebene Breite von 8 m ein wenig klein ist. Es wäre zweifellos vorzuziehen gewesen, ihnen die Breite von 10 m zu geben, welche die vor den Molenköpfen vorgelagerten Blöcke haben, und die vertikalen Trennfugen offen zu lassen derart, dass man ihnen gestattet, sich anzuhäufen und — wenn nötig — schief zu stellen, ohne sich gegenseitig zu zerstören oder zu spalten; schliesslich kann man die Frage aufwerfen, ob es nicht vorteilhafter gewesen wäre, die oberen Steinschichten des Unterbaues aus Material von besserer Beschaffenheit zu bauen um das etwaige Zermalmen der Blöcke durch die vereinigte Kraft ihres Gewichts und des hinzutretenden aus dem Anprall der Wogen herrührenden Druckes zu vermeiden.

Dieser Druck, welcher auf eine senkrechte Wand von grosser Höhe ausgeübt wird, erzeugt eine heftige Brandung. Das Bankett und die Böschung des Unterbaues nach der Seite des offenen Meeres scheinen nichtsdestoweniger fest; aber der Unterbau ist auf der Innenseite angegriffen worden durch Wassermassen, die den Oberbau überstauten trotz seines schärfer hervortretenden Reliefs und auch durch Strömungen, welche mit dem Ansteigen und Sinken des Sees von Bizerte im Zusammenhang stehen; diese haben, indem sie den Fuss des Wellenbrechers entlanglaufen, einige örtliche Unterspülungen am Fuss der Innenböschung des Unterbaues hervorgerufen. Man hat diese Angriffe dadurch bekämpft, dass man das Innenbankett auf 5 m erweiterte mit grossen natürlichen Blöcken ähnlich denen, die man auf dem Aussenbankett angewandt hatte. Die Notwendigkeit, in der man sich befindet, die Innenböschung des Unterbaues der neuen Bauwerke zu schützen, steht in auffallender Weise im Widerspruch mit der guten Haltbarkeit der alten ähnlichen Böschungen, welche aus ganz beliebigen Steinen in der Neigung 3:2 ohne Verkleidung angelegt sind.

Die erwähnten Beobachtungstatsachen, die man in Beziehung setzen muss zu den im Verlaufe des Baues des Zembrügger Hafendamms festgestellten Unterspülungen, setzen sofort noch mehr ins rechte Licht die besonderen Gefahren, denen die Bauwerke mit vertikalen Wänden unterworfen, deren gewisse Vorteile übrigens jedoch ausser allem Zweifel sind. Weder die neuen Dämme von Bizerte, noch der Hafendamm von Zeebrügge sind indessen den aussergewöhnlichen Angriffen unterworfen, welche die grossen Oceanwellen hervorrufen oder die schweren Seen, welche gegen die nach Norden zu offenen algerischen

Häfen anschlagen. Den Brandungswirkungen würde eine sehr viel grössere Wichtigkeit am Fusse gleichartig errichteter Bauwerke in sehr exponierten Küstenstrichen zuzuschreiben sein. Diese gefürchtete Aussicht hat trotz des niedrigen Preises und der ausgezeichneten Beschaffenheit der Steinmaterialien dazu geführt, seit Anfang 1904 für die Verlängerung der grossen Mole des Hafens von Oran ein Normalprofil ausscheiden zu lassen, ähnlich dem von Bizerte aber viel stärker, das in Hinblick auf diese Arbeit studiert worden war.

III. Schlussfolgerungen.

Die vorhergehende Ausführung lässt, um es kurz zu sagen, keine Schlussfolgerungen zu; man kann ihre Beweisgründe kurz, wie folgt, zusammenfassen:

Die Kraft der Wellen entzieht sich im allgemeinen jeder genauen Messung. Die Wirkungen, welche sie auf die Aussenmolen der Häfen ausüben, sind im wesentlichen dynamische und nicht geeignet unter die Form der statischen Kräfte gerechnet zu werden. Das aufmerksame Studium der Natur der Dünung im offenen Meere, das der Modifikationen, welchen sie durch den Linienzug der Ufer und das Relief des Grundes bei der Annäherung an die Häfen unterworfen ist, die Prüfung der bestehenden Bauwerke können dem Ingenieur nützliche Unterlagen zur Bestimmung ihres Wertes liefern. Sein Talent besteht darin sie auszunutzen, um ohne übermässige Ausgaben den zu errichtenden Molen oder Dämmen die Widerstandsfähigkeit zu geben, welche sie nötig haben und die man durch keine Formel berechnen kann.

Die drei Typen, an welche sich alle Molen, Dämme oder bestehenden massiven Hafendämme wieder anschliessen, wurden und sind bei den französischen Häfen angewendet. Der Damm mit vertikalen Wänden, welcher nicht für die Anwendung im Mittelländischen Meere mit Rücksicht auf die grossen Wassertiefen, die sich bis an die Ufer ausdehnen, geeignet scheint, hat manchmal Verwendung gefunden an geschützten oder halbgeschützten Strichen der französischen Küsten des Aermelkanals und des Atlantischen Oceans, so oft das Bedürfnis die Dämme trocken zu machen oder jede Gefahr des Strandens an ihrem Fusse zu unterdrücken, den Wunsch nach einer Verminderung der Stärke der Bauwerke nahe gelegt hat, und so oft das Vorhandensein einer widerstandsfähigen Sohle im Meeresgrunde oder in der Nähe des letzteren dieses erlaubt hat.

Die Konstruktion ihres Unterbaues mittelst der Verfahren mit komprimierter Luft, sei es mit unbeweglichen Taucherglocken, sei es mit verlorenen Senkkästen, giebt das Mittel, ihren Fuss, fest zu gründen und sie gegen Unterspülungen zu sichern, welchen die von ihnen erzeugte Brandung sie auf eine oft gefährliche Art aussetzt. Die weiteren Kosten, welche die Anwendung der Molen mit senkrechten Wänden mit sich bringt, sind desto geringer, je seltener die Materialien sind.

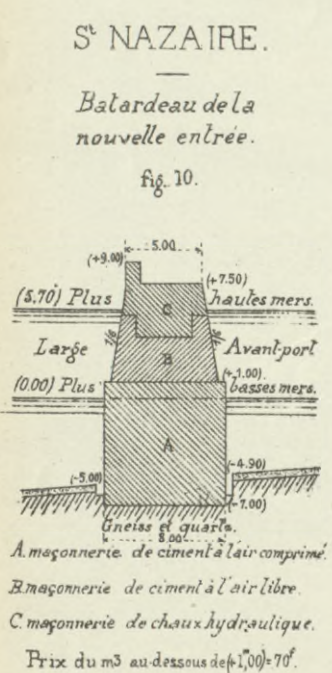
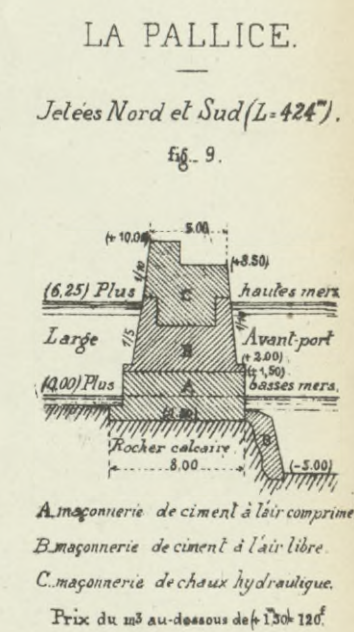
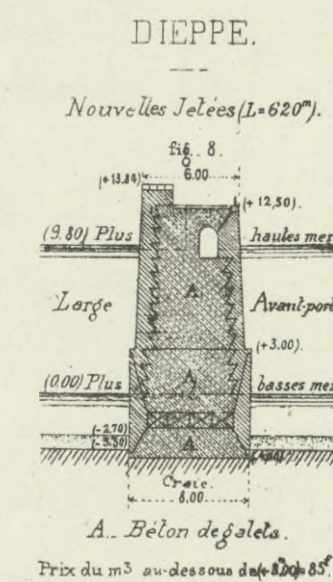
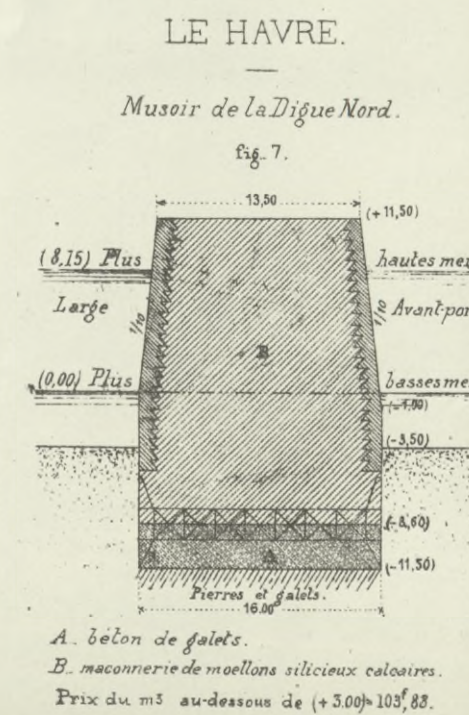
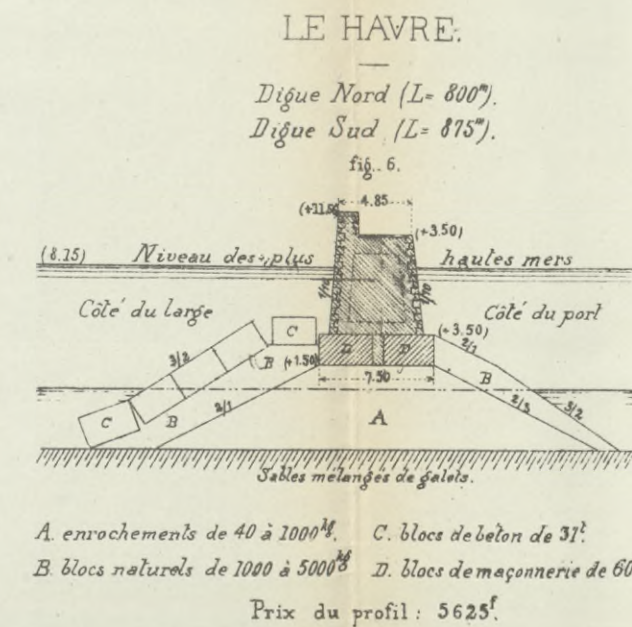
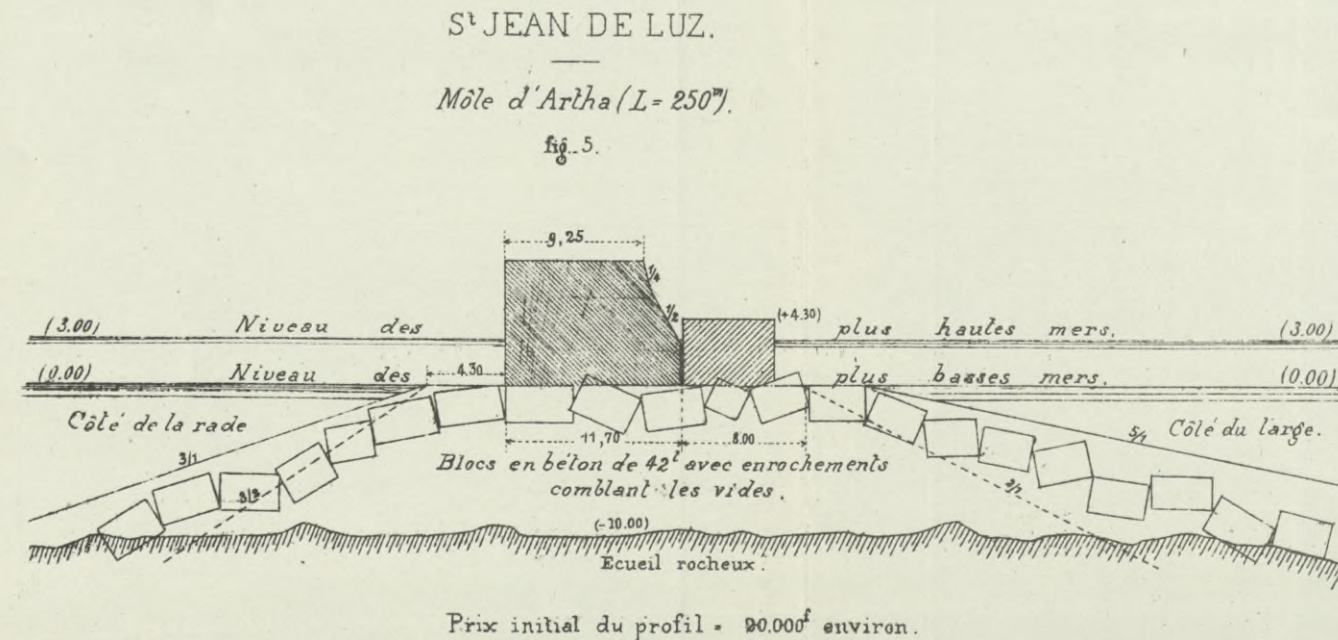
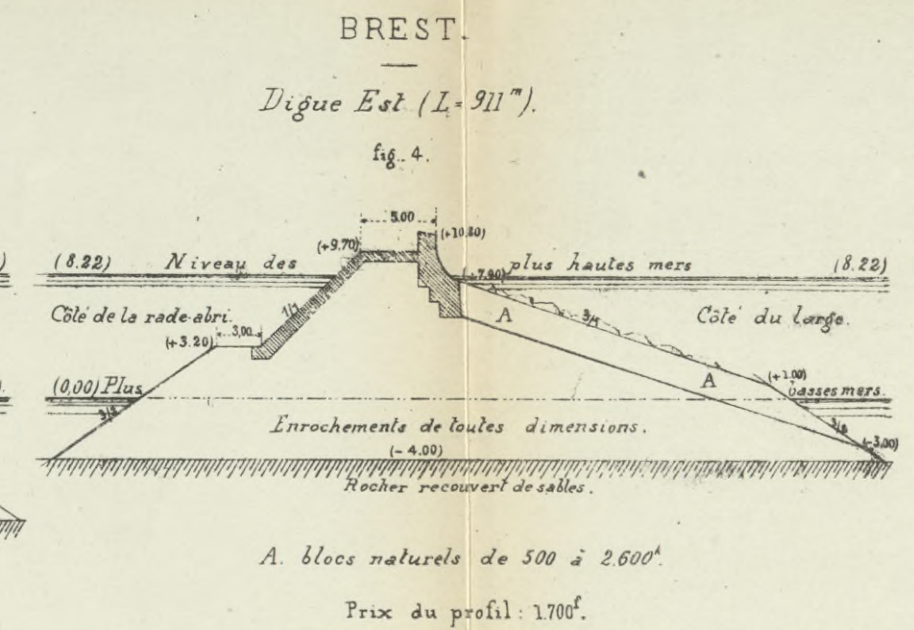
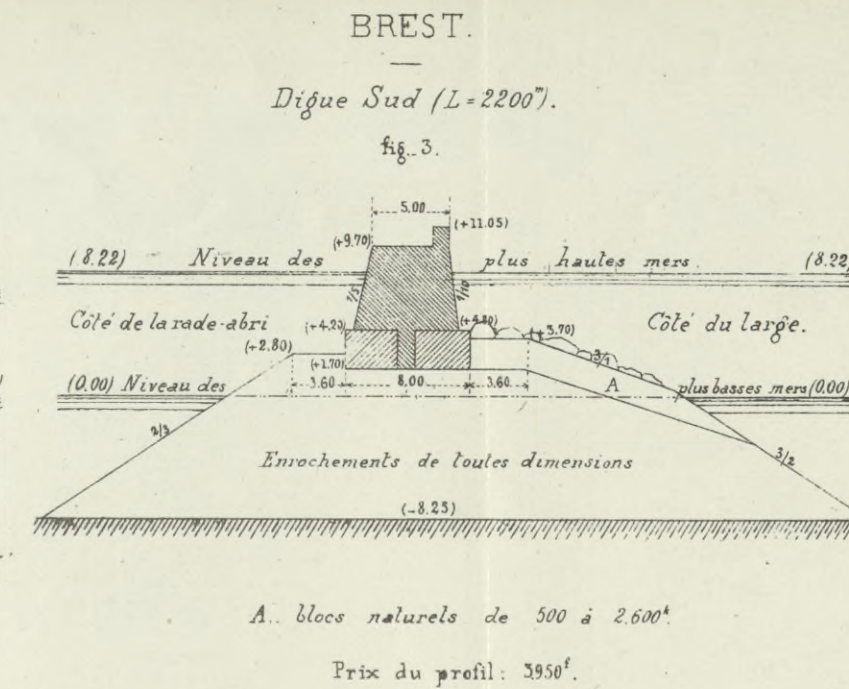
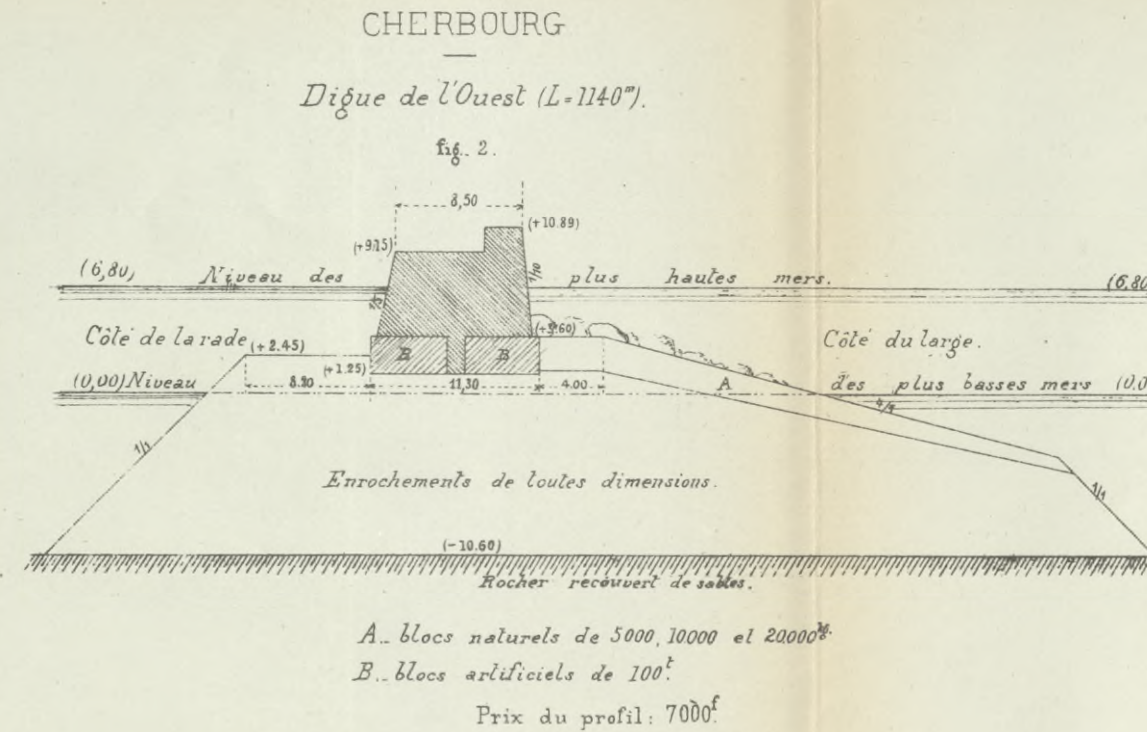
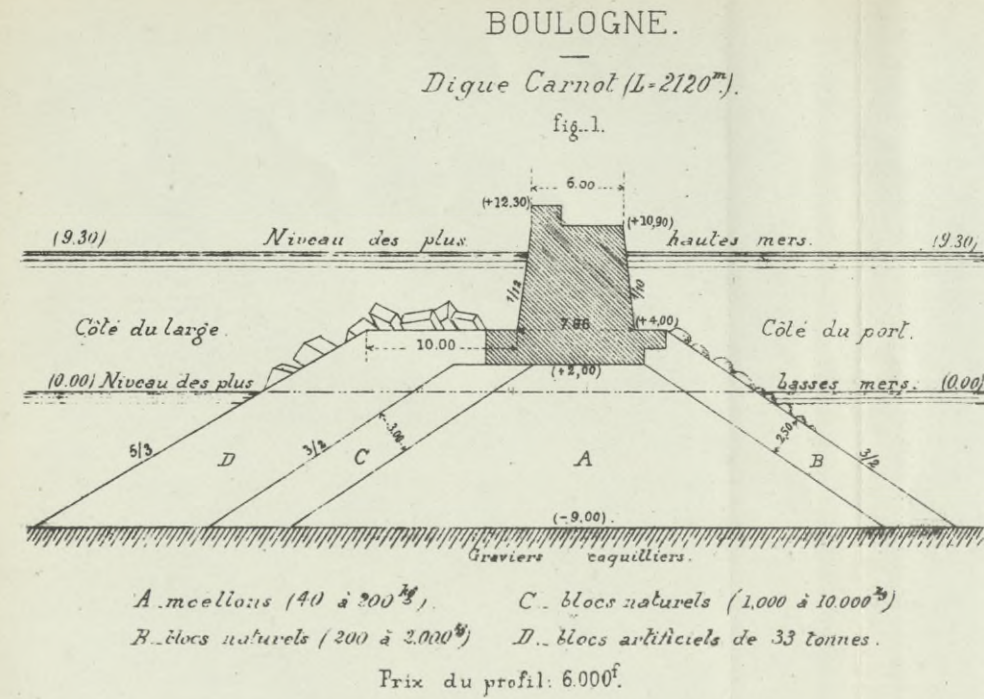
Die Molen aus Steinen oder aus natürlichen oder künstlichen Blöcken mit geneigten Böschungen sind dem weichen sowie dem harten Baugrunde angepasst. Sie können nur an den französischen Küsten des Aermelkanals und des Atlantischen Oceans und zwar in sehr geschützten Küstenstrichen nützlich verwendet werden; aber sie sind fast nur in den französischen Häfen des Mittelmeeres gebraucht worden, wo gewöhnlich reichliche Hilfsquellen an Materialien von guter Qualität vorhanden sind. Die Kosten, welche die eigentliche Schichtung der künstlichen Blöcke erfordert, die Unmöglichkeit die Lücken auszufüllen, welche die Senkungen und die heftigen Seen zwischen den geschichteten Blöcken hervorrufen, führen dazu — ohne das Princip selbst ausser Acht zu lassen — dieses nur mit Vorsicht und in ganz besonderen Fällen anzuwenden. Die Steindämme mit Verkleidung von nichtgeschichteten Blöcken können überdies in den stürmischsten Meeren mit Erfolg angenommen werden unter Anwendung einer geschickten Linienführung des Verkleidungsprofils, welches genügend niedrig unterhalb des Wasserspiegels absteigen und keine senkrechte Wand darbieten darf, die etwa die Brandung vergrössern könnte; die Gestalt des Banketts aus Blöcken und die Regelmässigkeit seiner Ausführung haben eine Wichtigkeit vergleichbar der der Grösse ihrer eigenen Elemente, sodass es gewöhnlich vorteilhaft ist, sie mittelst eines schwimmenden Mastenkrans auf ihren Platz zu bringen, wobei man ihre kleinste Seite den gefährlichen Wellen entgegenstellt. Das Relief der Krone der Dämme aus Steinen und Blöcken mit geneigten Böschungen darf nicht wegen der Verschiebungsgefahren für diese letzteren überschätzt werden selbst dann, wenn die Dämme Operationsbasins schützen sollen; wenn sie nur die Aufgabe als Wellenbrecher hat, kann jeder Oberbau weggelassen werden.

Die gemischten Dämme, gebildet aus einem Unterbau in Steinen und Blöcken und einem senkrechten Oberbau sind die am häufigsten in Frankreich angewandten und zwar in den Meeren mit Ebbe und Flut, deren Bewegungen fast immer die An-

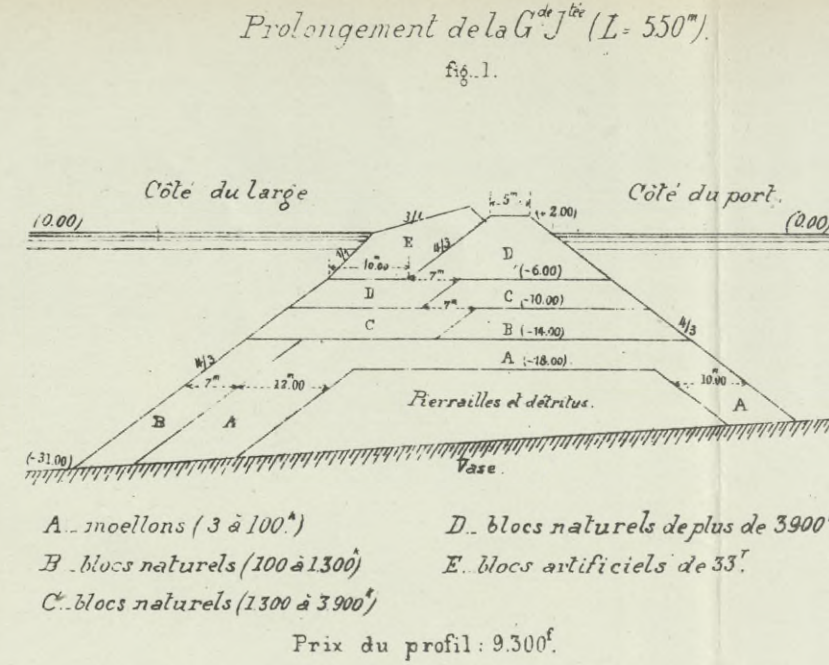
wendung einer gemauerten Wand oberhalb Niedrigwasser vorschreiben. Es ist nicht nötig diese Mauer viel niedriger in den französischen Häfen des Aermelkanals und des Atlant. Oceans herabzuführen vorausgesetzt, dass sie den Fuss durch ein Bankett mit sanft geneigter Böschung oder durch eine passende Verkleidung in künstlichen Blöcken schützt; diese Schutzwerke können sich jedoch in sehr stürmischen Meeren als ungenügend erweisen, zum Beispiel die im hintersten Teile des Biskaischen Meerbusens. In den französischen Häfen des Mittelmeeres sind die einzigen existierenden gemischten Dämme die soeben in Bizerte vollendeten. Obgleich diese Bauwerke nicht sehr heftigen Wellen ausgesetzt sind, schien ihr Unterbau Nachteile infolge der Brandung zu verspüren, die am Fusse der grossen künstlichen Blöcke, welche die senkrechte Mauer bilden, erzeugt wird, und die letztere selbst hat gefährliche Bewegungen durchgemacht. Die neuen Ausführungsprincipien, die in Bizerte aufgestellt sind und welche dem Ingenieur eine kostbare Quelle darbieten, sind noch nicht bei sehr harter See durch die Erfahrung bestätigt worden.

Paris, den 28 December 1904.

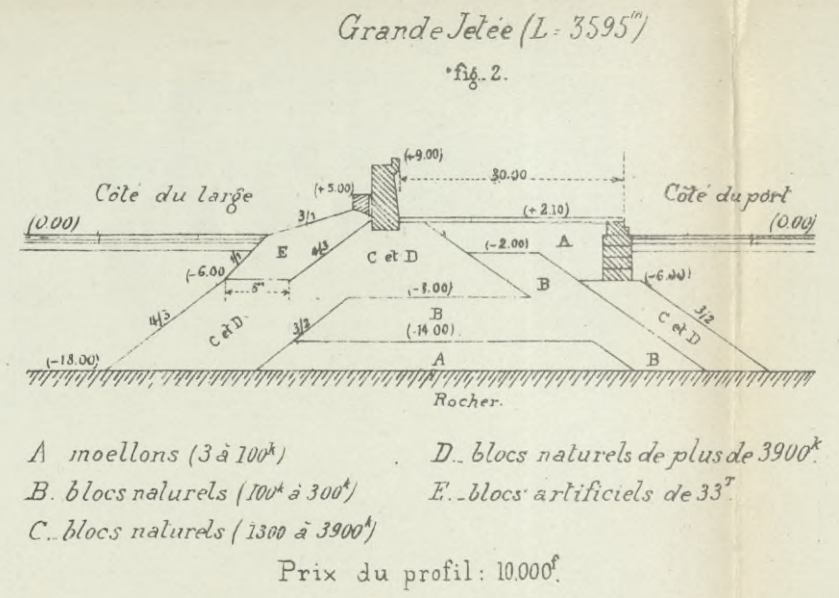
G. DE JOLY.



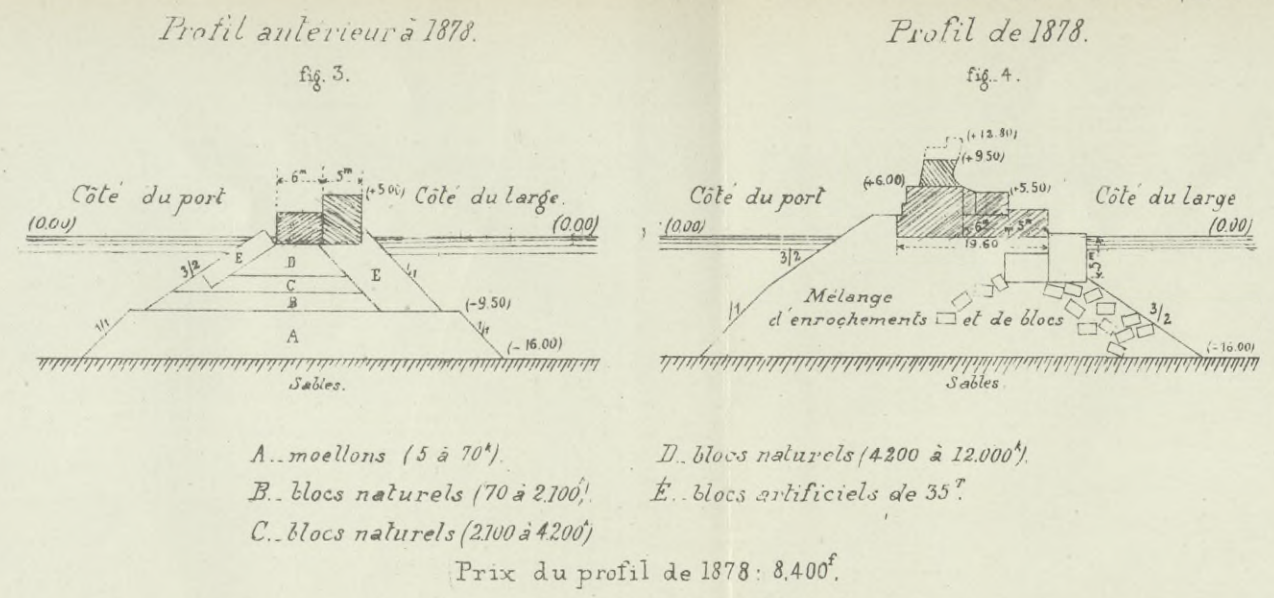
MARSEILLE
Prolongement de la G^{de} J^{te} (L=550^m)



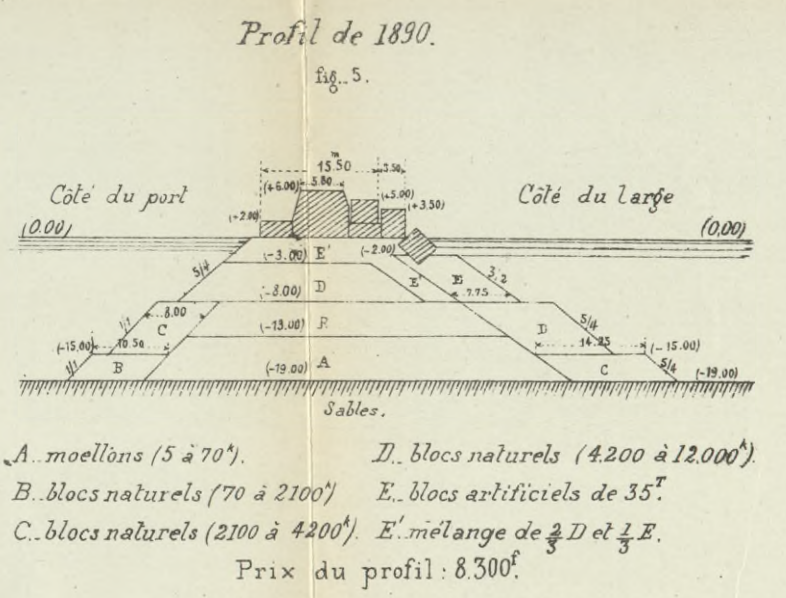
MARSEILLE
Grande Jetée (L=3595^m)



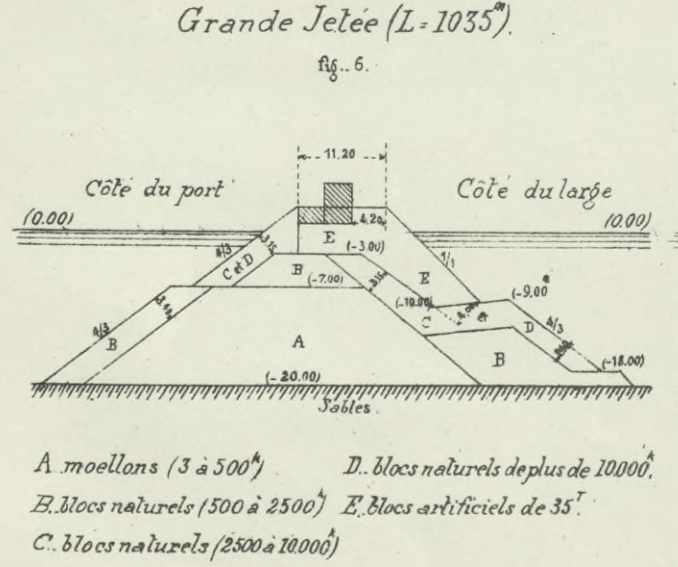
PHILIPPEVILLE
Grande Jetée (L=1625^m)
Profil de 1878.



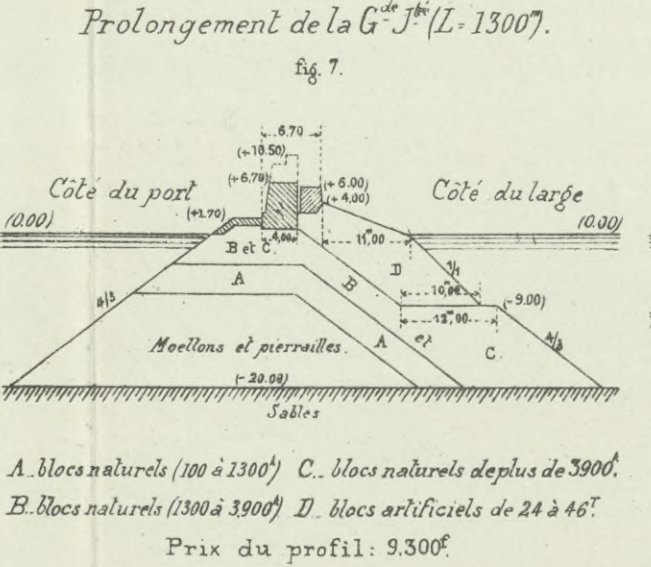
PHILIPPEVILLE
Grande Jetée (L=1625^m)
Profil de 1890.



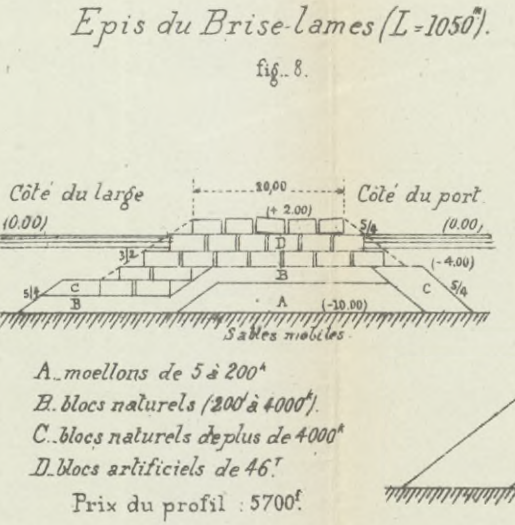
ORAN
Grande Jetée (L=1035^m)



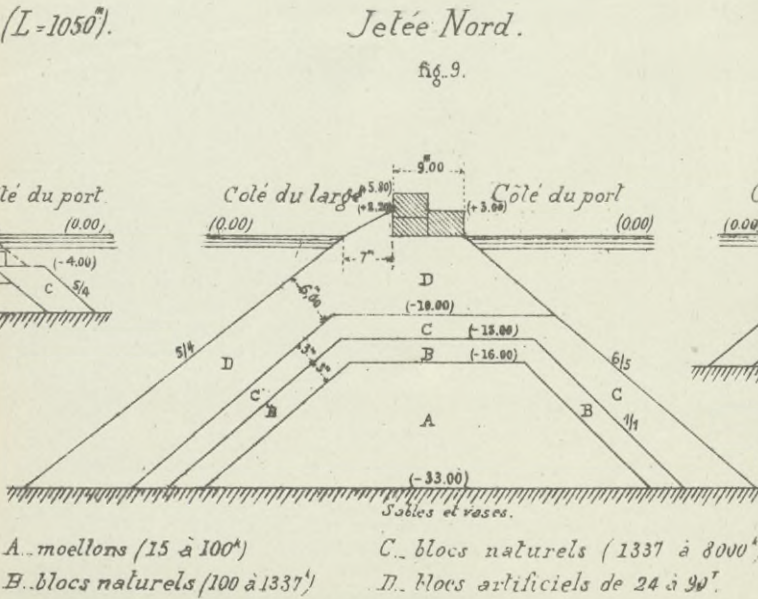
ORAN
Prolongement de la G^{de} J^{te} (L=1300^m)



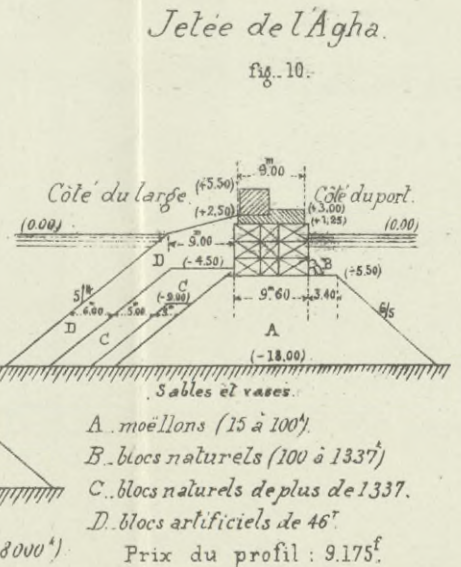
CETTE
Epis du Brise-lames (L=1050^m)



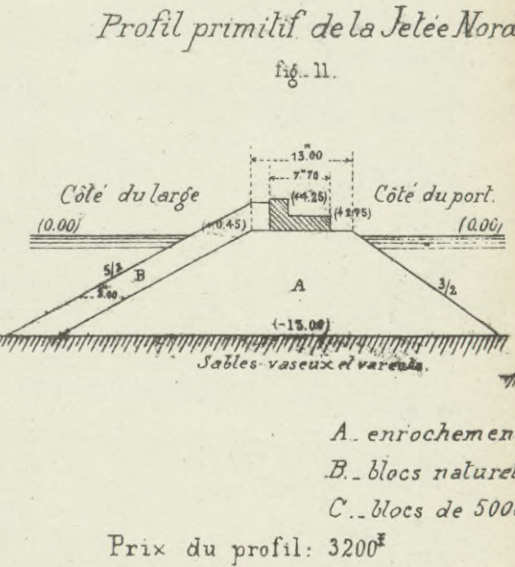
ALGER
Jetée Nord



ALGER
Jetée de l'Agha



BIZERTE
Profil primitif de la Jetée Nord



BIZERTE
Brise-lames (L=607^m)

